

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ ЗАДЕРЖКИ ТРАНСПОРТА НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ВЫСОКИМ ЗНАЧЕНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ ДВИЖЕНИЕМ

Боярский С.Н.

*ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия (320100, Екатеринбург, Сибирский тракт 35) e-mail: [serg0761@ya.ru](mailto:serg0761@ya.ru)*

В работе на основе результатов натурного обследования и компьютерного моделирования производится совершенствование существующих экспериментальных методов определения средней задержки транспорта на пересечениях автомобильных дорог с высоким значением коэффициента загрузки движением. Исходя из того, что длина очереди на пересечении при значениях коэффициента загрузки движением больше единицы имеет линейный рост, предлагаются зависимости для определения скорости нарастания очереди в зависимости от интенсивности пересекающихся потоков. Модернизированный метод применим как для регулируемых, так и для нерегулируемых пересечений автомобильных дорог и, позволяет сократить среднюю абсолютную ошибку определения средней задержки транспорта на пересечении в два раза. Метод применяется для рационального выбора типа пересечения автомобильных дорог и определения параметров цикла регулирования светофора.

Ключевые слова: задержка транспорта, высокая загрузка движением, методы расчета задержки транспорта

## IMPROVING THE WORKING METHODS OF DETERMINING THE AVERAGE TRANSPORTATION DELAYS AT THE CROSSING WITH A HIGH LOAD FACTOR TRAFFIC

Boyarskiy S.N.

*Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia (320100, Ekaterinburg, Siberskiy Trakt 35)*

In this paper, based on the results of field surveys and computer modeling produced improvement of existing experimental methods for determining the average transportation delays at the intersections of roads with high traffic load factor. Based on the fact that the length of the queue at the intersection with the traffic load factor values greater than one has a linear growth, depending offered to determine the rate of increase in the queue depending on the intensity of intersecting streams. Upgraded method is applicable for both regulated and unregulated intersections of roads and reduces the mean absolute error of average delay at the intersection of transport twice. The method used to select the type of sound crossing roads and determine the parameters of the regulatory cycle traffic.

Keywords: transport delay, high bandwidth traffic, transport delay calculation methods.

### Введение

В современных условиях с характерным высоким темпом автомобилизации населения происходит исчерпание пропускной способности как самой сети автомобильных дорог, так и их пересечений. Одним из способов решения проблемы повышения эффективности движения транспортных потоков в условиях высокого значения коэффициента загрузки движением является выбор рационального типа пересечения, который позволяет снизить задержку транспорта по сравнению с другими конкурирующими вариантами. Между тем, метода определения средней задержки транспорта на пересечении автомобильных дорог с высоким значением коэффициента загрузки движением, рекомендуемым нормативами в России пока нет [4]. Однако существует ряд экспериментальных методов, которые можно усовершенствовать путем введения коэффициентов, полученных по итогам натуральных и компьютерных

экспериментов [3, 5]. Это определяет цель исследования: совершенствование метода определения средней задержки транспорта на пересечении автомобильных дорог при высоком значении коэффициента загрузки движением.

В качестве материалов и методов исследования использовались натурное наблюдение и имитационное компьютерное моделирование. Натурное наблюдение проводилось на пересечениях автомобильных дорог в Свердловской области. Имитационное компьютерное моделирование основывалось на общей модели определения задержки транспорта на пересечении [2].

Модернизация метода определения средней задержки транспорта на пересечении основывается на формуле

$$t_w = \frac{\delta \sum_{i=1}^n n_{ct}}{n_{пр}}, \quad (1)$$

где  $n$  – число замеров;  $i$  – номер замера;  $n_{пр}$  – число автомобилей, проехавших перекресток за тот же период, авт. (практическая пропускная способность).

Данный метод позволяет совершенствование путем внедрения результатов исследования [1]. Числитель формулы (1), по сути, есть не что иное, как оценка площади криволинейной трапеции, где  $f(x)$ , есть функция количества автомобилей в очереди в зависимости от времени. Причем для случаев, когда загрузка движением больше единицы, данная площадь является треугольником. Тогда на рассматриваемый период, в течение которого интенсивность превышает пропускную способность, строим прямую интенсивности  $I$  и в конце периода наблюдения отнимаем значение практической пропускной способности, что позволяет нам получить искомый треугольник изменения длины очереди (рисунок 1).

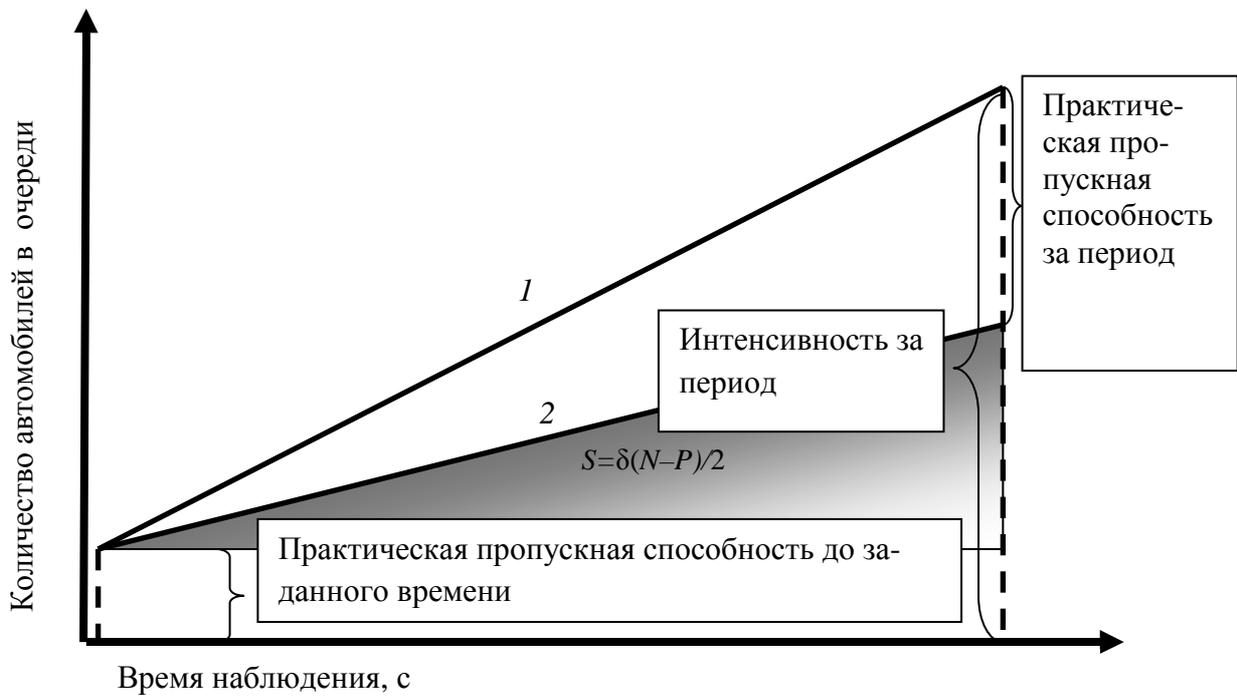


Рисунок 1 – Графическое определение средней задержки при коэффициенте загрузки движением больше единицы

Таким образом, площадь закрашенной фигуры составит:

$$S = \frac{\delta(N - P)}{2}, \quad (2)$$

где  $\delta$  – время наблюдения, с;  $N$  – интенсивность движения за время наблюдения;

$P$  – практическая пропускная способность за время наблюдения.

Тогда формула (1) преобразуется к виду:

$$t_w = \frac{\delta(N - P)}{2N}. \quad (3)$$

Из полученных результатов исследования [1], используются зависимости коэффициентов наклона от интенсивностей пересекающихся потоков,  $k$  - для случаев превышения интенсивности движения над пределом пропускной способности, и  $K$  - в том случае, если, наоборот, происходит падение интенсивности движения ниже предела пропускной способности (рисунки 2, 3).

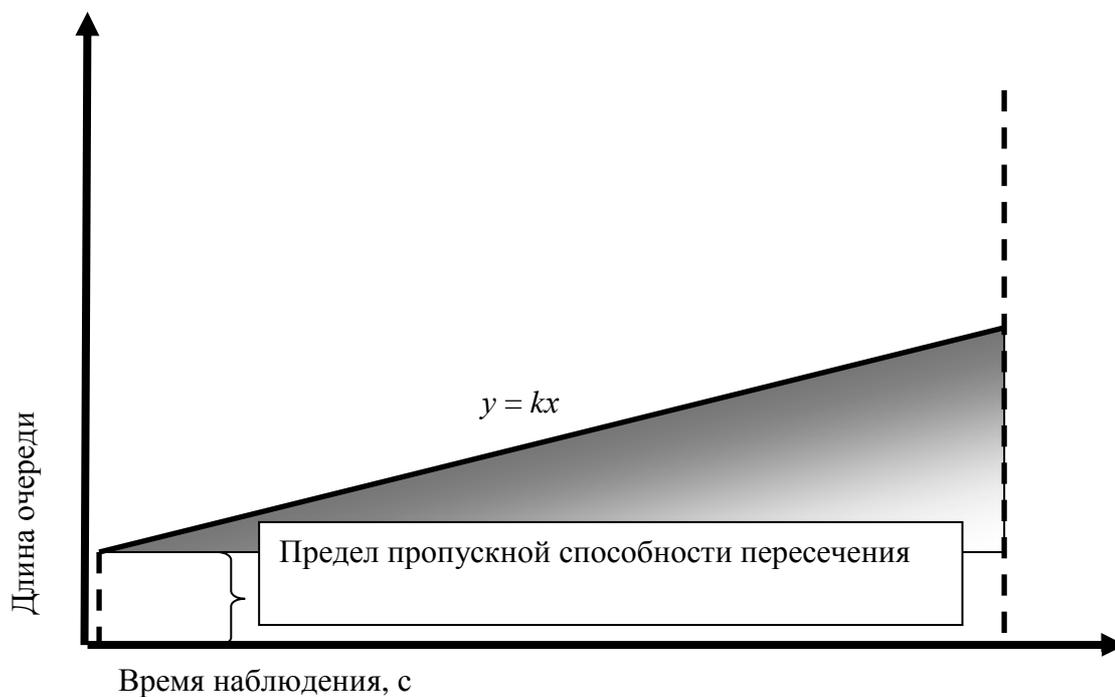


Рисунок 2 – Графическая интерпретация результатов наблюдения для определения средней задержки транспорта в случае превышения интенсивности движения предела пропускной способности

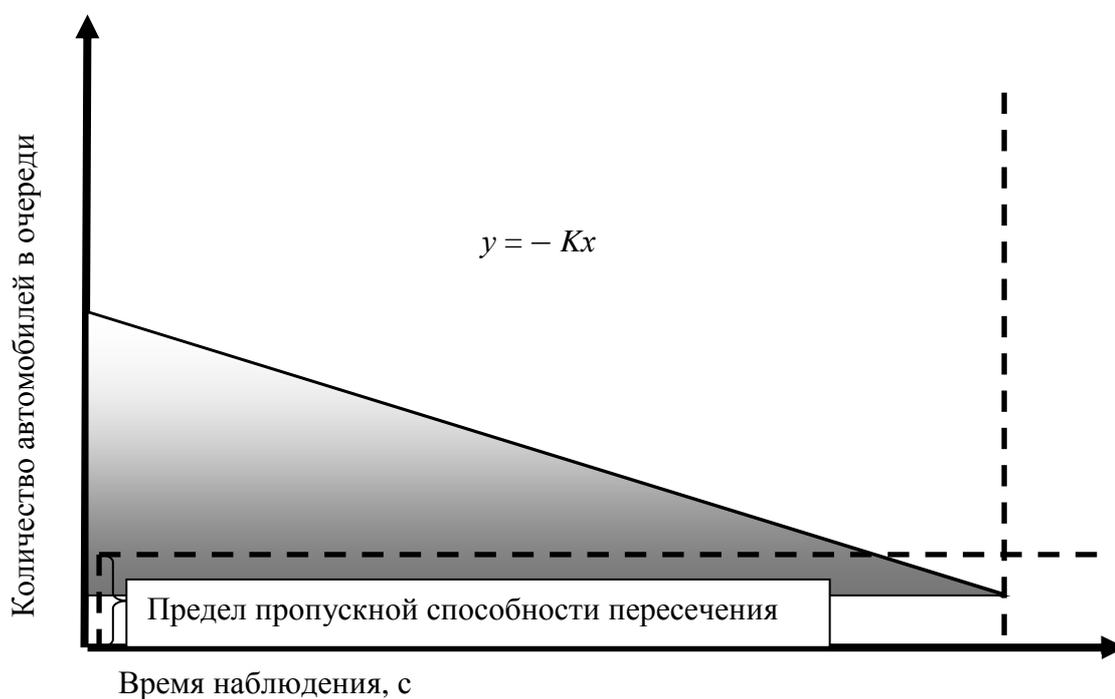


Рисунок 3 – Графическая интерпретация результатов исследования по определению средней задержки транспорта в случае снижения интенсивности движения ниже предела пропускной способности пересечения

Таким образом, результаты исследования позволяют определять величину средней задержки транспорта при любой интенсивности движения и в наилучшем варианте согласно диаграммам изменения интенсивности движения в течение суток на пересекающихся дорогах (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимости для определения длины очереди

Направление	Зависимость	Коэффициент детерминации
Левоповоротный съезд	$N_{оч} = -0,0048N'_{gl} + 0,015N_{vt} - 1,419$	0,448
Правосторонний съезд	$N_{оч} = -0,0347N'_{gl} + 0,0542N_{vt} - 12,13$	0,425
Нерегулируемое пересечение направление прямо-налево	$N_{оч} = -0,047N_{gl} + 0,08N_{vt} + 12,13$	0,402
Регулируемое пересечение направление прямо-налево	$N_{оч} = 0,0264N_{gl} + 471,04P - 70,33$	0,518
Регулируемое пересечение правый поворот	$N_{оч} = 0,082N_{gl} + 1266,96P + 1266,96$	0,527

Оценка точности метода выполнена путем определения средней абсолютной ошибки по формуле:

$$\square_{абс} = \frac{|t_{wф} - t_{wф}|}{t_{wф}} 100\%. \quad (4)$$

Для сравнения результатов возьмем данные для направления прямо и налево, полученные в ходе имитационного моделирования (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Задержка транспорта в очереди по направлению движения прямо-налево на нерегулируемом пересечении

Интенсивность второстепенного направления авт./ч	Интенсивность главной дороги, авт./ч					
	100	350	500	700	900	1100
100	4,77	3,20	2,31	2,32	3,20	1,66
300		5,28	4,47	5,04	3,34	3,08
500			10,26	9,38	6,13	8,65
700				27,00	38,92	62,11
900					356,71	306,98
1100						634,49

Таблица 3 – Практическая пропускная способность по направлению движения прямо-налево на нерегулируемом пересечении

Интенсивность второстепенного направления авт./ч	Интенсивность главной дороги, авт./ч					
	100	350	500	700	900	1100
100	373	393	407	404	387	370
300		455	469	507	472	483
500			557	572	563	607
700				698	706	710
900					698	721
1100						647

Оценка точности экспериментального метода на основе формулы (1) дает следующий результат, представленный в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты применения экспериментального метода для направления прямо – налево нерегулируемого пересечения

Интенсивность второстепенного направления авт./ч	Интенсивность главной дороги, авт./ч					
	100	350	500	700	900	1100
100	4,85	3,21	2,19	2,25	3,15	1,73
300		5,56	4,56	5,11	3,22	2,92
500			10,22	9,25	5,83	8,50
700				28,15	39,19	62,04
900					425,19	363,79
1100						1001,78

Оценка средней абсолютной ошибки представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Значения абсолютной ошибки для экспериментального метода

Интенсивность второстепенного направления авт./ч	Интенсивность главной дороги, авт./ч					
	100	350	500	700	900	1100
100	2 %	0 %	5 %	3 %	2 %	4 %
300		5 %	2 %	1 %	4 %	5 %
500			0 %	1 %	5 %	2 %
700				4 %	1 %	0 %
900					19 %	19 %
1100						58 %

По данным таблицы 5 видно, что экспериментальный метод эффективен для значений коэффициента загрузки движением меньше единицы, средняя абсолютная ошибка для этого случая составит 3 %. В случае более высоких значений коэффициента загрузки движением средняя абсолютная ошибка накапливается существенно и составляет 32 %.

Оценка точности модернизированного варианта метода при значениях коэффициента загрузки движением больше единицы представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Значения абсолютной ошибки для модернизированного метода

Интенсивность второстепенного направления авт./ч	Интенсивность главной дороги, авт./ч	
	900	1100
900	13 %	17 %
1100	–	17 %

Средняя абсолютная ошибка для модернизированного метода составит 16 %, что в два раза лучше экспериментального и доказывает эффективность предлагаемого решения.

### Заключение

В статье на основе выполненных автором исследований предложена модернизация существующего метода определения средней задержки транспорта на пересечении автомо-

бильных дорог. Модернизированный метод позволяет сократить среднюю абсолютную ошибку определения средней задержки транспорта на пересечении при высоком значении коэффициента загрузки движением в два раза.

### Список литературы

1. Боярский С.Н. Результаты имитационного моделирования задержки транспорта на пересечениях автомобильных дорог / С.Н. Боярский, Р.Н. Ковалев // Автотранспортное предприятие. – 2014. - №2. – С. 53-55
2. Боярский С.Н. Теоретическое обоснование общей модели определения задержки транспорта на пересечениях автомобильных дорог/ С.Н. Боярский, Р.Н. Ковалев// Транспорт Урала.- 2012. -№2. – С. 64-70
3. Левашев, А.Г. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособие / А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
4. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах: ОДМ 218.6.003 – 2011: утв. Распоряжением Федерального дорожного агентства от 27.02.13 № 236-р. – М. : РОСАВТОДОР, 2013. – 69 с.
5. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог / Е. М. Лобанов, В. М. Визгалов и др. – М. : Транспорт, 1972. – 232 с.

### Рецензенты:

Ларин О.Н., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами» ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения», г.Москва.

Неволин Д.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Федеральное агентство железнодорожного транспорта ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г.Москва.